CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA PRODUCTIVITÉ DU CHÊNE ROUVRE EN ARDENNE (RÉGION DE WELLIN)

par

Ch. OTOUL

Chaire de Sylviculture

Faculté des Sciences Agronomiques, Gembloux (Belgique)

SOMMAIRE. – A partir d'une soixantaine de placettes installées dans la région de Wellin, la productivité forestière du chêne rouvre (*Quercus petraea*), c'est-à-dire, la liaison entre la station forestière et sa capacité de production, a été déterminée à l'aide d'un indice dendrométrique. La hauteur dominante du peuplement à une circonférence dominante de référence (160 cm), se révèle être un bon indice de productivité. Il nous a permis de distinguer, pour la région envisagée, trois niveaux de productivité (indices de station de 25 m ; 22 m et 19 m), étroitement liés aux types phytosociologiques rencontrés. Cet indice de productivité peut être aisément estimé à l'aide d'espèces végétales indicatrices composant le tapis végétal de la station forestière. L'utilisation conjointe de cet indice de productivité et d'autres paramètres dendrométriques assurent une évaluation aisée et précise de la production réelle du peuplement sur pied.

1. INTRODUCTION

L'estimation de la productivité, en matière forestière, est souvent orientée vers un mode de production bien défini : le volume en bois fort tige ou en bois d'œuvre. La liaison du potentiel de croissance d'une essence forestière à son environnement est abordé ici d'une manière *quantitative*.

La méthode d'estimation est basée sur un indice de productivité dont la nature dépend du critère quantitatif adopté : dendrométrique, climatique, écologique, floristique ou mixte.

La plupart des méthodes rencontrées ont déjà été décrites, notamment par DAGNELIE (1956-1957), JONES (1969) et RONDEUX (1977) lors de synthèses réalisées par ces auteurs.

ANNALES DE GEMBLOUX – 1978. **84** : 237-248.

Les renseignements concernant la productivité du chêne rouvre de la forêt feuillue ardennaise étant en général très fragmentaires, nous avons réalisé cette étude préliminaire dans le but de mettre à la disposition des gestionnaires forestiers d'Ardenne occidentale (région de Wellin), des moyens efficaces pour distinguer les niveaux de productivité de cette noble essence.

Afin de rencontrer le plus de diversité de conditions écologiques et de productivité du chêne, cinquante placettes permanentes et seize placettes temporaires ont été installées dans les peuplements de chênaie-hêtraie présents dans les bois communaux du cantonnement de Wellin. Chacune d'entre elles compte au moins dix chênes et occupe en général une superficie de dix ares, valeur préconisée par DAGNELIE *et al.* (1977). Les principales caractéristiques topographiques, édaphiques, floristiques et dendrométriques ont été minutieusement relevées dans chaque station retenue. Sur la base des renseignements recueillis, nous avons distingué cinq types de végétation correspondant à cinq niveaux trophiques différents :

– Le type végétal n° 1 est une chênaie (hêtraie) à mousses et à lichens terricoles, le *Luzulo-Quercetum subatlanticum leucobryetosum* qui occupe certains lithosols des pentes fortes et ensoleillées.

– Le type végétal n° 2 est constitué d'une chênaie (hêtraie) à myrtille, canche flexueuse et fougère-aigle, le *Luzulo-Quercetum subatlanticum typicum*. Cette association se cantonne surtout sur des sols de plateaux ou de pentes douces à roches quartzo-gréseuses.

– Le type végétal n° 3 se compose d'une chênaie (hêtraie) à luzule blanche, noisetier et muguet, le *Luzulo-Quercetum subatlanticum coryletosum* ; il occupe des sols bruns acides limono-caillouteux un peu moins désaturés en bases que ceux du type précédent.

– Le type végétal n° 4 est constitué d'une chênaie (hêtraie) à anémone et violette, le *Luzulo-Quercetum subatlanticum anemonetosum*. Cette végétation, dérivée d'un *Luzulo-Fagetum milietosum* se distingue des précédentes par un lot assez important d'espèces de *Fagetalia* : *Anemone nemorosa*, *Viola riviniana*, *Polygonatum multiflorum*, etc.

– Le type végétal n° 5 est une chênaie-hêtraie à fétuque ou à canche cespiteuse. Il se caractérise par une grande abondance d'*Anemone nemorosa* et par une flore très diversifiée d'humus mull acide. Certaines stations sont plus humides et de ce fait caractérisées par la canche cespiteuse, la fougère femelle, la surelle, etc.

Une série d'observations réalisées dans le cadre de ce travail ont été

exprimées en fonction du type de végétation présent dans les emplacements considérés.

2. Comparaison de diverses expressions de la hauteur dominante (HDOM)

Par sa très faible sensibilité aux traitements sylvicoles, la hauteur totale dominante s'est substituée à la hauteur totale moyenne du peuplement dans de nombreux travaux de recherche ou d'application forestière. L'utilisation de la hauteur dominante élimine l'influence des tiges dominées dans l'estimation de la productivité. La définition de la hauteur dominante varie suivant les auteurs ; pour Etter (1949), il s'agit de la hauteur moyenne des arbres dominants et codominants désignés par simple observation de l'aspect général du peuplement ; selon Vuokila (1960), la hauteur dominante est la hauteur moyenne d'*un pourcentage fixe de tous les arbres du peuplement*, choisis parmi les plus gros. Beaucoup d'autres auteurs considèrent la hauteur dominante comme étant la hauteur moyenne d'un *nombre fixe d'arbres* : soit les plus hauts, soit les plus gros. Dans notre expérimentation, nous avons décidé de considérer comme hauteur dominante la hauteur moyenne d'un nombre fixe d'arbres parmi les plus gros. Lors du processus de récolte des hauteurs totales, les cinq plus gros chênes de chaque placette de dix ares ont été mesurés. Nous avons ensuite comparé les cinq «expressions» différentes basées sur la mesure en hauteur de un à cinq arbres par placette. Les hauteurs moyennes obtenues, exprimées en fonction du type végétal observé font l'objet du tableau 1.

Une analyse de la variance permet de mettre en évidence la présence de différences significatives entre les cinq expressions de la hauteur dominante bien que l'amplitude maximale moyenne soit seulement de 0,44 m pour l'ensemble des données présentées au tableau 1.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre également l'existence de différences significatives entre stations par type de végétation ; il nous est aussi permis de constater que la variance entre stations, par type de végétation, augmente en fonction du nombre d'arbres intervenant dans la hauteur dominante.

3. Détermination d'un indice de productivité

Étant donné l'allure jardinée des chênaies (hêtraies) ardennaises envisagées, nous avons essayé de voir dans quelle mesure *la hauteur dominante à une circonférence dominante donnée* pouvait être un bon indice de

productivité pour ces peuplements. Pour déterminer la valeur la plus adéquate à attribuer à la circonférence dominante fixée, nous nous sommes basés sur les résultats obtenus dans nos différentes placettes. Nous sommes arrivés à la conclusion que la *circonférence dominante de référence de 160 cm était la mieux appropriée.*

Tableau 1
Moyennes de hauteurs des chênes déterminées sur la base de mesures de 1 à 5 arbres dominants par placette et moyennes des circonférences des 5 arbres dominants
Valeurs moyennes exprimées en fonction de l'association végétale

Assoc. végétale		Hauteurs (m)					Circonf. (cm)
			Moyennes de :				moyennes de 5 arbres
		1 arbre	2 arbres	3 arbres	4 arbres	5 abres	
1.	Moy.	20,10	20,00	19,77	19,47	19,42	158
	C.V.%	11	7	8	7	7	13
2.	Moy.	19,93	19,71	19,66	19,56	19,46	140
	C.V.%	9	10	10	10	9	15
3.	Moy.	21,11	21,11	21,09	21,01	21,02	152
	C.V.%	9	10	9	9	9	19
4.	Moy.	23,73	23,71	23,41	23,31	23,17	166
	C.V.%	3	4	5	5	5	13
5.	Moy.	26,40	26,29	26,15	26,09	25,81	187
	C.V.%	6	6	4	4	4	11
Total	Moy.	22,04	21,95	21,82	21,70	21,60	159
	C.V.%	13	13	13	13	13	17

Pour le tracé de la courbe moyenne de productivité, un procédé mathématique a été appliqué à nos données de hauteur et de circonférence dominantes.

La méthode anamorphique de représentation des courbes de productivité, préconisée par Bull (1931) lorsque les données ne sont pas très nombreuses, a été utilisée.

Pour les chênaies (hêtraies) envisagées, l'indice de productivité obtenu répond à l'équation :

$$IP = HDOM - 0{,}0792\ (CDOM - 160)$$

«Courbes» de productivité du chêne en Ardenne (WELLIN)

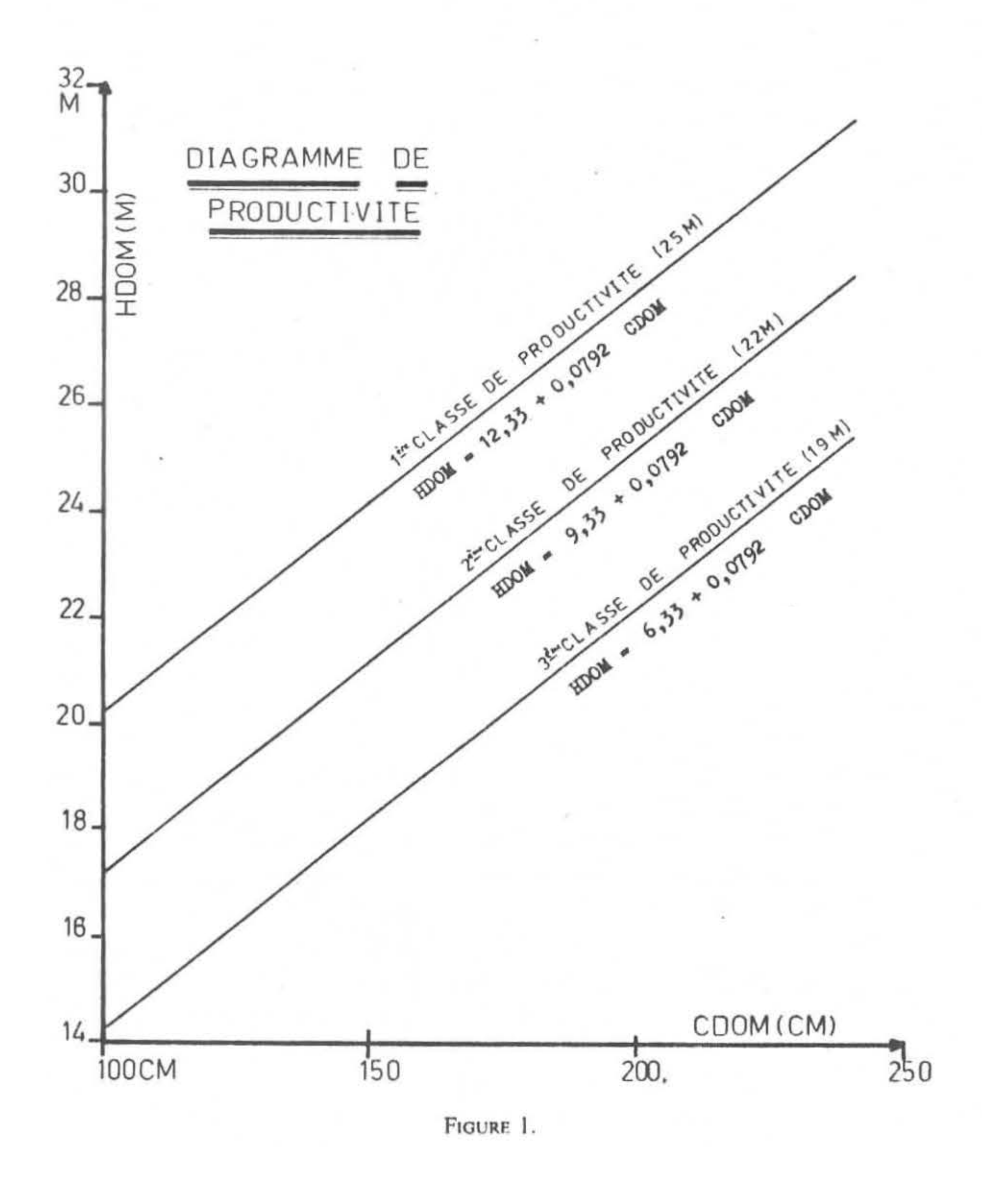


FIGURE 1.

dans laquelle il suffit de remplacer HDOM et CDOM par les valeurs correspondantes observées dans les placettes envisagées.

Trois classes de productivité ont été définies ; *la première classe (25 m)* est la moins représentée, elle contient les placettes appartenant aux meilleures stations où la végétation est essentiellement la chênaie-hêtraie à anémone ou la chênaie-hêtraie à fétuque ou à canche cespiteuse.

La deuxième classe (22 m) comprend un nombre élevé de placettes ; elle représente en fait la situation la plus fréquemment observée dans cette région d'Ardenne. Tous les types de végétation y figurent.

La troisième classe (19 m) est essentiellement constituée de placettes situées dans les stations les moins fertiles : chênaie à mousses (type 1) et chênaie à myrtille et canche flexueuse (type 2).

La figure 1 nous présente l'interprétation graphique des trois classes de productivité envisagées ainsi que leurs équations respectives.

4. La productivité de ces chênaies en relation avec deux facteurs stationnels : le type de végétation et la forme d'humus

Les résultats obtenus font ressortir la forte liaison existant entre le type de végétation et plusieurs paramètres dendrométriques comme la hauteur dominante ou l'indice de productivité. En réalité, le type de végétation n'exerce pas une influence directe sur la productivité des stations mais son intérêt réside principalement dans le fait qu'il reflète la synthèse de toutes les conditions stationnelles.

La forme d'humus se révèle également être un facteur stationnel assez fiable ; sa liaison avec la productivité de la station est cependant moins forte que celle trouvée pour le type de végétation. La précision avec laquelle nous pouvons «évaluer» la productivité de nos chênaies est d'ailleurs deux à trois fois plus élevée en utilisant le «type de végétation» comme facteur d'estimation.

Parmi les paramètres dendrométriques envisagés, la hauteur dominante est la plus étroitement associée au «type de végétation». Il n'y a que la chênaie à mousses (type 1) et la chênaie à myrtille (type 2) qui ne se différencient pas significativement l'une de l'autre en fonction de leur hauteur dominante. Avec la forme d'humus, seules les stations à mull se distinguent statistiquement de celles à dysmoder et à moder. La circonférence dominante apparaît comme étant le facteur dendrométrique le moins bien lié à la végétation ou à la forme d'humus. Elle permet cependant de

distinguer la meilleure association végétale (type 5) des autres chênaies envisagées.

Notre indice de productivité, établi en fonction de la hauteur dominante à une circonférence de référence, s'avère être étroitement lié à la végétation. Ce paramètre ne nous a cependant pas permis de séparer statistiquement entre eux les types de végétation 2 et 3, ni les types 4 et 5. Ce fait corrobore parfaitement la construction des trois classes de productivité définies au paragraphe précédent.

5. Mise en évidence des relations existant entre certains paramètres dendrométriques et des facteurs du milieu

Pour la réalisation de cette étude, cinq catégories de variables ont été envisagées ; trois variables dendrométriques : la hauteur dominante, la circonférence dominante et l'indice de productivité ; quatre variables topographiques : la morphologie du relief, la pente, l'exposition-pente et l'altitude ; quatre variables édaphiques : la profondeur du sol, la gleyification, la nature du substrat et la forme d'humus ; une variable phytosociologique : le type de végétation et vingt-six variables floristiques, chacune représentative d'une espèce végétale indicatrice.

L'approche «factorielle» de l'estimation de la productivité d'une chênaie et le nombre élevé de variables explicatives que nous avons considérées, nécessitent l'utilisation d'une méthode d'analyse statistique «multivariate» : la régression multiple (Decourt *et al.*, 1969 ; Dagnelie, 1975).

L'étude des corrélations simples ou totales entre facteurs du milieu nous a d'abord permis de détecter les variables fortement corrélées entre elles et d'avoir une idée des exigences écologiques de certaines espèces végétales utilisées comme variable explicative. Ensuite l'analyse de la corrélation simple existant entre un paramètre dendrométrique et les facteurs du milieu nous informe sur les variables les plus intéressantes à introduire dans les processus de régression multiple.

Bien qu'elle ne permette d'expliquer que 6 % de la variation totale observée chez la hauteur dominante du chêne, l'exposition s'est révélée être la meilleure caractéristique du relief. Les variables édaphiques, considérées seules, ne sont guère plus intéressantes : la forme d'humus intervient seulement pour 9 %.

Par contre, pour notre système de codification, le type de végétation se distingue nettement par sa contribution importante à l'explication de la variabilité de la hauteur dominante.

En opérant uniquement sur les 26 plantes sélectionnées, le processus de régression multiple a retenu une série d'espèces végétales caractérisant 73 % de la variation de l'indice dendrométrique envisagé.

La contribution de l'indice d'abondance-dominance du hêtre arbustif en tant que facteur stationnel est très importante. Les plantes de milieux frais (canche cespiteuse, dryopteris des chartreux, etc.) sont bien représentées dans notre modèle ; celles de milieux secs n'en sont pas absentes (mousse glauque) mais interviennent très peu dans l'explication de notre variable dépendante.

L'exposition explique à elle seule 33 % de la variation de l'indice de productivité du chêne. Parmi les variables édaphiques la forme d'humus se révèle encore être la plus intéressante (14 %) dans l'estimation du paramètre envisagé. Le type de végétation engendre une très bonne relation (50 %) entre la productivité et la station mais les problèmes soulevés par la codification de cette variable la rend difficilement utilisable en pratique courante.

Parmi les variables floristiques, sept plantes indicatrices : la mousse glauque, l'aspérule, l'anémone, la germandrée, le hêtre, le charme et le noisetier, permettent d'aboutir à une excellente appréciation de l'indice de productivité.

6. La production en volume de nos «peuplements» de chêne d'Ardenne occidentale

L'estimation de la production en volume en fonction de sites écologiques observés constitue un élément utile à l'amélioration de la sylviculture du chêne en Ardenne occidentale basée sur des espoirs de production et de gains financiers. Pour dépouiller nos nombreuses données et réaliser les calculs de production, nous avons utilisé le système mis au point par Grayet (1977) pour le traitement de données de placettes de production à l'ordinateur. Celui-ci nous a procuré une synthèse des caractéristiques dendrométriques des peuplements envisagés : nombre de tiges, surface terrière et volume bois fort tige (22 cm) répartis en classes de 10 en 10 cm de circonférence.

Le tableau 2 présente l'estimation de la surface terrière moyenne à l'hectare et de la production moyenne à l'hectare calculées en fonction du type de végétation. La variabilité à l'intérieur de chaque type de végétation est importante pour tous les facteurs envisagés.

TABLEAU 2
Évaluation de la surface terrière moyenne
et de la production moyenne calculées en fonction du type de végétation

Assoc. Végétale	CHÊNE			DIVERS		TOTAL	
	S.T./ha (m²)	Vol./ha (m³)	arbre Vol. moy.	S.T./ha (m²)	Vol./ha (m³)	S.T./ha (m²)	Vol./ha (m³)
1. Moy.	22,79	193,825	0,898	2,94	23,564	25,73	217,390
C.V.%	16	18	25	69	87	15	19
2. Moy.	17,10	147,490	0,812	3,51	31,094	20,62	178,584
C.V.%	29	38	49	83	100	32	41
3. Moy.	19,49	182,587	1,242	2,58	22,100	22,07	204,688
C.V.%	19	25	48	72	79	19	26
4. Moy.	21,04	217,626	1,615	3,93	38,820	24,96	256,445
C.V.%	14	19	33	69	78	19	24
5. Moy.	26,97	313,188	2,445	5,39	58,272	32,36	371,460
C.V.%	18	21	24	46	52	16	18
Total Moy.	21,09	205,311	1,360	3,56	33,410	24,65	238,720
C.V.%	25	36	55	73	87	26	37

En ce qui concerne le chêne, tant pour la surface terrière que pour le volume, ce sont toujours les résultats obtenus pour le type de végétation n° 2 qui s'avèrent les plus faibles. Les différences enregistrées entre les moyennes des volumes sont appréciables : le type n° 5 présente un volume «moyen» par hectare double du n° 2. C'est cependant au niveau des valeurs de l'«arbre de volume moyen» que les écarts observés sont les plus grands : du simple au triple.

Pour le volume total de la futaie, les différences entre les types de végétation sont encore mieux marquées que celles observées pour le chêne. Le type de végétation n° 1, bénéficiant d'une densité plus forte, présente des valeurs supérieures à celles des types 2 et 3.

7. Discussion et conclusion

La comparaison de diverses façons de calculer la hauteur dominante nous permet de conclure que l'utilisation de la hauteur dominante basée sur

un arbre par dix ares peut être préconisée dans le cas de pratique courante comme l'application de tarifs de cubage. Cependant, compte tenu de la variation de l'écart-type de la moyenne et des résultats obtenus par l'analyse de la variance, nous estimons que la hauteur dominante basée sur la mesure de *trois chênes par placette de dix ares* est la plus recommandable dans l'optique d'études de productivité. Nonobstant, pour notre travail, nous avons décidé d'employer la valeur la plus précise, qui s'est avérée être celle correspondant à la hauteur moyenne des cinq plus gros chênes présents.

Un indice de productivité de nos chênaies, défini par la hauteur totale moyenne des cinq plus gros chênes, par superficie de dix ares, à une circonférence dominante de 160 cm, a été établi et testé.

La courbe moyenne, représentative de la croissance en hauteur de la station de productivité moyenne, a été ajustée mathématiquement à nos données de hauteur et de circonférence dominantes. L'ajustement à l'aide d'une relation linéaire simple s'est montré le mieux adapté à notre nuage de données.

Nous avons pu ainsi définir *trois niveaux de productivité* établis de trois en trois mètres (19 m ; 22 m et 25 m) se référant tous à 160 cm de circonférence dominante et correspondant bien aux types de végétation observés.

De façon à «expliquer» et à estimer la productivité du chêne en fonction d'un nombre restreint de variables sélectionnées parmi une série de facteurs du milieu, nous avons analysé les relations existant entre l'indice de productivité et certaines caractéristiques stationnelles en utilisant la régression multiple.

Dans la phase de synthèse, les variables qui se sont révélées être les meilleures au cours des régressions par groupe ont été intégrées dans le processus de calcul. C'est ainsi que pour l'*indice de productivité*, nous avons obtenu l'équation suivante caractérisée par un coefficient de détermination multiple de 0,59 :

$$\boxed{IP = 20{,}61 + 1{,}120 \, . \, x_{11} - 0{,}042 \, . \, x_{22} + 0{,}043 \, . \, x_{32} + 18{,}328 \, . \, x_{41}}$$

dont les facteurs explicatifs sont respectivement : l'exposition-pente (x_{11}) qui prend pour sa part 33 % de l'explication de l'indice de productivité et trois plantes indicatrices : la mousse glauque (x_{22}), l'anémone (x_{32}) et l'aspérule (x_{41}).

Cette étude orientative confirme donc bien que la flore et en particulier certaines espèces végétales facilement reconnaissables telles que le hêtre-

arbuste, l'aspérule, l'anémone et la mousse glauque, sont capables d'apporter de précieuses indications pour une estimation valable du degré de «fertilité» des différentes chênaies de la région de Wellin.

A partir des caractéristiques dendrométriques observées et par application de la régression multiple, nous avons élaboré une relation qui permet d'estimer le volume du peuplement de chênes à l'hectare (V en m^3/ha) en fonction de la surface terrière à l'hectare du chêne (G en m^2/ha) et de la hauteur dominante (HDOM en m); cette relation :

$$V = -206{,}951 + 9{,}371\ G + 9{,}974\ HDOM$$

constitue en réalité un «tarif de cubage peuplement» adapté aux chênaies échantillonnées.

Certaines caractéristiques dendrométriques «statiques» nous ont également permis d'ébaucher différents «modèles» de croissance en volume (sur pied) en relation avec les niveaux de productivité (I_n) applicables à nos forêts mélangées d'Ardenne occidentale. Le modèle le plus complet pour le chêne rouvre nous a conduit à la relation suivante :

$$V = -310{,}434 + 9{,}843\ G + 8{,}736\ I_n + 0{,}741\ CDOM$$

dans laquelle V représente le volume bois fort tige par hectare exprimé en m^3/ha; G, la surface terrière par hectare (m^2/ha); I_n, la valeur du niveau de productivité (19, 22 ou 25 m) et CDOM, la circonférence dominante exprimée en cm.

L'analyse des évaluations de production des chênaies envisagées démontre clairement l'existence d'une variabilité importante des caractéristiques dendrométriques en fonction des sites écologiques rencontrés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BULL, H. (1931). *The use of polymorphic curves determining site Quality in young red fine plantations. Journ. Agr. Res.*, **43**, 1-28.

DAGNELIE, P. (1956-1957). *Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux*, **24** (3) : 249-284 ; 24 (4) : 369-410 ; 25 (1) : 44-94.

DAGNELIE, P. (1975). *Analyse statistique à plusieurs variables. Presses Agronomiques de Gembloux*, A.S.B.L., 128 p.

DAGNELIE, P. ; GRAYET, J. P. ; RONDEUX, J. ; THILL, A. (1977). *Estimation de la production forestière : principes et applications*. Note technique, n° 77-1.
—. Centre de recherches et de promotion forestières (I.R.S.I.A.) 35 p.

DECOURT, N. ; GODRON, M. ; ROMANE, F. ; TOMASSONE, R. (1969). *Comparaison de diverses méthodes d'interprétation statistique de liaison entre le milieu et la production du pin sylvestre en Sologne. Ann. Sci. forest.*, **26** (4) ; 413-443.

ETTER, H. (1949). *Uber die Ertragsfahigkeit verschiedener Standortstypen. Mitt. Schweiz. Anst. forsth. Versuchw.*, **26**, 91-151.

GRAYET, J. P. (1977). *Organisation d'une banque de données en matière de productivité forestière*. Note technique n° 77-3. Centre de recherche et de promotion forestières (I.R.S.I.A.), 17 p.

JONES, J. R. (1969). *Review and comparison of site evaluation methods*. USDA. Forest service Res. Paper RM-51, 27 p.

RONDEUX, J. (1977). *Estimation de la productivité forestière : principes et méthodes. Ann. de Gembloux*, **83** : 5-17.

VUOKILA, F. (1960). *The determination of dominant height. Metsät. Aikak.* **77**, 6/7 : 235-238. Fin.